

PATENTS

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

<b>Applicant:</b>	Toru Kuboi	<b>Examiner:</b>	Unassigned
<b>Serial No:</b>	To be assigned	<b>Art Unit:</b>	Unassigned
<b>Filed:</b>	Herewith	<b>Docket:</b>	16770
<b>For:</b>	OPTICAL SWITCH AND ADJUSTMENT METHOD THEREOF		<b>Dated:</b> June 23, 2003

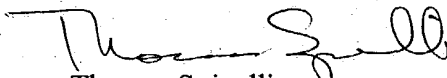
Mail Stop Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

**CLAIM OF PRIORITY**

Sir:

Applicant in the above-identified application hereby claims the right of priority in connection with Title 35 U.S.C. § 119 and in support thereof, herewith submits a certified copy of Japanese Patent Application No. 2002-184597 (JP2002-184597) filed on June 25, 2002.

Respectfully submitted,

  
Thomas Spinelli  
Registration No.: 39,533

Scully, Scott, Murphy & Presser  
400 Garden City Plaza  
Garden City, New York 11530  
(516) 742-4343

---

**CERTIFICATE OF MAILING BY "EXPRESS MAIL"**

**Express Mailing Label No.:** EV244418286US

**Date of Deposit:** June 23, 2003

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service "Express Mail Post Office to Addressee" service under 37 C.F.R. § 1.10 on the date indicated above and is addressed to the Commissioner for Patents, Mail Stop Patent Application, P. O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on June 23, 2003.

Dated: June 23, 2003

  
Thomas Spinelli

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 6月25日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-184597

[ST.10/C]:

[JP2002-184597]

出 願 人

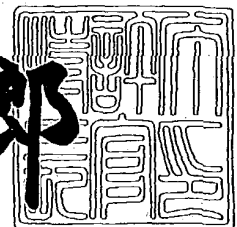
Applicant(s):

オリンパス光学工業株式会社

2003年 4月25日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3030472

【書類名】 特許願

【整理番号】 02P00711

【提出日】 平成14年 6月25日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 26/00

【発明の名称】 光スイッチ

【請求項の数】 7

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス光学工業株式会社内

【氏名】 久保井 徹

【特許出願人】

【識別番号】 000000376

【氏名又は名称】 オリンパス光学工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100058479

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴江 武彦

【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

【識別番号】 100084618

【弁理士】

【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

【識別番号】 100068814

【弁理士】

【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100100952

【弁理士】

【氏名又は名称】 風間 鉄也

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0010297

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光スイッチ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力側の光ファイバーと出力側の光ファイバーとを適宜光接続する光スイッチであって、

入力側のアレイユニットと、

出力側のアレイユニットとを備えており、

入力側のアレイユニットは、複数の信号入力用光ファイバーと少なくとも一つの調整用光ファイバーとを有する入力側ファイバーアレイと、入力側ファイバーアレイからの信号光ビームを偏向するための複数のチルト可変ミラーと調整用光ファイバーからの調整光ビームを反射するための少なくとも一つの固定ミラーとを有するミラーアレイと、ファイバーアレイに対する相対的なミラーアレイの向きを調整するための向き調整機構とを有し、

出力側のアレイユニットは、複数の信号出力用光ファイバーを有する出力側ファイバーアレイを有している、光スイッチ。

【請求項2】 入力側ファイバーアレイは更に、調整用光を発する光源と、調整用光を検出するための受光素子とを備えており、光源と受光素子は共に調整用光ファイバーと光学的に接続されており、調整用光ファイバーからは調整用光のビームが固定ミラーに向けて射出され、受光素子は固定ミラーで反射され調整用光ファイバーに入射した調整用光を検出する、請求項1に記載の光スイッチ。

【請求項3】 複数のチルト可変ミラーと少なくとも一つの固定ミラーは、 $m$ 行 $\times$  $n$ 列（ $m$ と $n$ は共に自然数）の配列で整列されており、従って、固定ミラーは $m$ 行 $\times$  $n$ 列の配列上に位置しており、

これに対応して、複数の信号入力用光ファイバーと少なくとも一つの調整用光ファイバーも $m$ 行 $\times$  $n$ 列の配列で整列されていて、調整用光ファイバーは固定ミラーに対向して配置されている、請求項1に記載の光スイッチ。

【請求項4】 複数のチルト可変ミラーは、 $m$ 行 $\times$  $n$ 列（ $m$ と $n$ は共に自然数）の配列で整列されており、従って、固定ミラーは $m$ 行 $\times$  $n$ 列の配列上から外れており、

これに対応して、複数の信号入力用光ファイバーも  $m$  行  $\times$   $n$  列の配列で整列されており、従って、調整用光ファイバーは  $m$  行  $\times$   $n$  列の配列上から外れていて、固定ミラーに対向して配置されている、請求項 1 に記載の光スイッチ。

【請求項 5】 複数のチルト可変ミラーは、 $m$  行  $\times$   $n$  列（ $m$  と  $n$  は共に自然数）の配列で整列されており、従って、固定ミラーは  $m$  行  $\times$   $n$  列の配列上に外れており、

複数の信号入力用光ファイバーと少なくとも一つの調整用光ファイバーも  $m$  行  $\times$   $n$  列の配列で整列されており、従って、調整用光ファイバーは  $m$  行  $\times$   $n$  列の配列上に位置しており、

光スイッチは更に、入力側ファイバーアレイの光軸を横切る方向に関する入力側ファイバーアレイとミラーアレイの相対的な位置を調整するための位置調整機構を更に備えており、調整用光ファイバーは位置調整機構により固定ミラーに適宜対向して配置される、請求項 1 に記載の光スイッチ。

【請求項 6】 出力側のアレイユニットは更に、入力側ファイバーアレイのミラーアレイからの信号光ビームを、出力側ファイバーアレイに向けて偏向するための複数のチルト可変ミラーを有する別のミラーアレイを有している、請求項 1 に記載の光スイッチ。

【請求項 7】 出力側のアレイユニットは更に、入力側ファイバーアレイのミラーアレイからの信号光ビームを、出力側ファイバーアレイに向けて反射するための固定ミラーを有している、請求項 1 に記載の光スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信システムで利用されるマイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム・ミラーアレイ（MEMS ミラーアレイ）を備えた光スイッチに関する。

【0002】

【従来の技術】

特開 2001-174724 号公報は、従来の光スイッチのひとつを開示して

いる。これを図12を用いて説明する。

#### 【0003】

この光スイッチは、入力側と出力側の各々に、一組のファイバーレンズアレイとMEMSミラーアレイとを有している。入力側のファイバーレンズアレイ903は、入力ファイバアレイ901とこれに対応した入力レンズアレイ902とを有し、MEMSミラーアレイ905は、ファイバー901と同様に配列された複数のチルト可変ミラー904を有している。入力ファイバーレンズアレイ903とMEMSミラーアレイ905は対向して配置されており、個々のファイバー901とチルト可変ミラー904は1対1で対応している。

#### 【0004】

同様に、出力側のファイバーレンズアレイ913は、出力ファイバアレイ911とこれに対応した出力レンズアレイ912とを有し、MEMSミラーアレイ915は、ファイバー911と同様に配列された複数のチルト可変ミラー914を有している。入力ファイバーレンズアレイ913とMEMSミラーアレイ915は対向して配置されており、個々のファイバー911とチルト可変ミラー914は1対1で対応している。

#### 【0005】

特定の入力ファイバー901aからの射出ビーム921は入力レンズ902aにより集光され、対向するチルト可変ミラー904aに照射される。チルト可変ミラー904aは、複数の回転軸の周囲で傾斜可能になっているため、例えば、反射角度が図示する $\theta$ a度になる様に、チルト可変ミラー904aを傾ければ、ビーム921はMEMSミラーアレイ915上のチルト可変ミラー914aに向かって反射され、ビーム921を出力ファイバー911aに導く事が可能になる。

#### 【0006】

従って、入力側のMEMSミラーアレイ905のチルト可変ミラー904と出力側のMEMSミラーアレイ915のチルト可変ミラー914の角度を変更することにより、任意の入力ファイバー901からの光信号を、任意の出力ファイバー911に導く光スイッチを実現できる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

図12に示した光スイッチの問題点を図13を用いて説明する。

【0008】

チルト可変ミラーの可変角度（以下ストローク）は有限であるため、複数に配列されたファイバーレンズ列に光信号をスイッチングするには、MEMSミラーアレイ全体を所定の傾き範囲内に収まるように設置しなければならない。

【0009】

すなわち、MEMSミラーアレイ905が図13に示されるように傾き $\theta b$ を持って設置された場合、チルト可変ミラー904aによって反射されるビーム921の反射角は、 $(\theta a - \theta b/2)$ となるため、ビーム921はMEMSミラーアレイ915上のチルト可変ミラー914aに到達しない。ビーム921が、チルト可変ミラー914aに到達するためには、チルト可変ミラー914aの最大ストローク $\theta c$ が、 $\theta c \geq (\theta a + \theta b/2)$ を満たす必要がある。

【0010】

光スイッチに用いられるMEMSミラーアレイには、例えば、米国特許第6201631号に示されるものがあるが、これに示される様なジンバル構造を採用したチルト可変ミラーのストロークは、構造上有限であり、尚且つ最大ストローク $\theta c$ を大きく取るとは困難である。従って、ビーム921を出力ファイバー911aに導くことが不可能になり、出力ファイバーレンズアレイ913の中に、スイッチング不可能なファイバーが発生する不具合が生じる。

【0011】

しかし、特開2001-174724号公報には、MEMSミラーアレイ905とMEMSミラーアレイ915の傾きを調整・確認するための、構成や方法は記載されておらず、従って、ファイバーレンズアレイとミラーレンズアレイが傾きを持って配置された場合には、チルト可変ミラーのストロークが不足して、スイッチング（切り換え）不可能な出力ファイバーが発生するという不具合が生じてしまう。

【0012】



本発明は、このような不具合を解消するために成されたものであり、その目的は、チルト可変ミラーのストローク不足が発生すること無く、確実に信号光を切り換え可能な光スイッチを提供することである。

## 【0013】

## 【課題を解決するための手段】

本発明は、入力側の光ファイバーと出力側の光ファイバーとを適宜光接続する光スイッチであって、入力側のアレイユニットと、出力側のアレイユニットとを備えており、入力側のアレイユニットは、複数の信号入力用光ファイバーと少なくとも一つの調整用光ファイバーとを有する入力側ファイバーアレイと、入力側ファイバーアレイからの信号光ビームを偏向するための複数のチルト可変ミラーと調整用光ファイバーからの調整光ビームを反射するための少なくとも一つの固定ミラーとを有するミラーアレイと、ファイバーアレイに対する相対的なミラーアレイの向きを調整するための向き調整機構とを有し、出力側のアレイユニットは、複数の信号出力用光ファイバーを有する出力側ファイバーアレイを有している。

## 【0014】

## 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態について説明する。

## 【0015】

## 第一実施形態

本実施形態は、光スイッチの一部を構成するアレイユニットに向けられている。本実施形態は、例えば、これを二つ組み合わせることで光スイッチを構成し得るアレイユニットである。本実施形態のアレイユニットを図1に示す。

## 【0016】

図1に示されるように、アレイユニット100は、複数の信号用光ファイバー111と少なくとも一つの調整用光ファイバー111Aとを有するファイバーレンズアレイ110と、複数のチルト可変ミラー102と少なくとも一つの固定ミラー103とを有するミラーアレイ101と、ファイバーレンズアレイ110に対する相対的なミラーアレイ101の向きを調整するための向き調整機構とを備

えている。

【0017】

ミラーアレイ101は、例えば、半導体マイクロマシン技術によって作製されるマイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム・ミラーアレイ（MEMSミラーアレイ）で構成される。

【0018】

向き調整機構は、入力側ファイバーレンズアレイ110の光軸に対する傾き、言い換えれば、入力側ファイバーレンズアレイ110の光軸に直交する2本の軸すなわちX軸とY軸の周りの角度を調整し得る。例えば、向き調整機構は、 $\theta x$ チルト機構120と $\theta y$ チルト機構121とで構成され、MEMSミラーアレイ101を $\theta x$ 方向（X軸周り）と $\theta y$ 方向（Y軸周り）に傾斜可能に支持している。

【0019】

向き調整機構は、図1に示されるように、 $\theta x$ チルト機構120や $\theta y$ チルト機構121の様な1軸傾斜機構を重ねた構成の他に、同時に2軸傾斜が可能な構造を持つ傾斜機構であってもよい。

【0020】

このようなアレイユニット100は、これらを二つ、図12に示したように配置することにより光スイッチを構成する。このように構成される光スイッチにおいて、入力側に位置するアレイユニット100の信号用光ファイバー111が、信号光が入力される信号入力用光ファイバーとなり、出力側に位置するアレイユニット100の信号用光ファイバー111が、信号光を出力するための信号出力用光ファイバーとなる。

【0021】

以下、MEMSミラーアレイ101の詳細について図3と図4を参照しながら述べ、続いてファイバーレンズアレイ110の詳細について述べる。

【0022】

MEMSミラーアレイ101は、図3と図4に示されるように、8個のチルト可変ミラー102と、1個の固定ミラー103とを有している。チルト可変ミラ

ー102と固定ミラー103は3行×3列の配列で整列されている。

【0023】

本実施形態では、MEMSミラーアレイ101は、8個のチルト可変ミラー102を有しているが、その個数は例示的なものであり、8個に何ら限定されるものではなく、他の個数であってもよい。また、固定ミラー103の個数も1個に限定されるものではなく、少なくとも1個を有していればよい。さらに、固定ミラー103の位置も、図3に示される位置に限定されるものではなく、3行×3列の配列上のどこに位置していてもよい。また、配列も3行×3列に限定されるものではなく、n行×m列（nとmは共に自然数）の任意の配列であってもよい。

【0024】

チルト可変ミラー102と固定ミラー103には、光通信システムにおいて使用される光信号を反射可能なコーティングが施され、反射コート面104（図4参照）を形成している。反射コート面104の材料としては例えばAuやAlが、コーティング方法としては例えば真空蒸着やスパッタリングが考えられる。また、反射コート面104は、後述する信号光ビーム112や調整光ビーム114のビームウエストと比較して、十分に大きな面積を有している。

【0025】

チルト可変ミラー102は、図3と図4に示されるように、スプリング105により1本の軸あるいは2本の軸を中心にチルト可能に保持されている。チルト可変ミラー102は、あるいは例えば図5に示されるように、ジンバル構造によりチルト可能に保持されていてもよい。

【0026】

これらのチルト可変ミラー102と固定ミラー103とスプリング105とは、同一のミラー基板106から作製されるものであり、従って、チルト可変ミラー102の反射コート面104と固定ミラー103の反射コート面104は、同一の面107となる。ミラー基板106の材料としては、例えば単結晶シリコン基板（ウエハ）が考えられるが、この場合、面107の平面度等の面精度はウエハの製造工程に依存するものであり、十分に光学反射面として使用可能なものと

なり得る。また、チルト可変ミラー102とスプリング105の作製には、例えば異方性エッジングを用いた加工が適用可能である。

【0027】

さらに、ミラー基板106の下側には、電極基板108が接合されており、電極基板108のチルト可変ミラー102と対向する面には、電極109が設けられている。

【0028】

ファイバーレンズアレイ110は、図1と図2に示されるように、8本の信号用光ファイバー111と1本の調整用光ファイバー111Aとを有しており、これらは3行×3列の配列で整列されている。ファイバーレンズアレイ110の光ファイバー111と111Aの配列ピッチは、MEMSミラーアレイ101のチルト可変ミラー102の配列ピッチと同一である。

【0029】

ファイバーレンズアレイ110が有する光ファイバー111と111Aの本数は、MEMSミラーアレイ101と同様に例示的なものであり、その本数に何ら限定されるものではなく、他の任意の本数であってもよい。また、それらの配列についても同様であり、3行×3列の配列に限定されるものではなく、n行×m列（nとmは共に自然数）の任意の配列であってもよい。

【0030】

図2に示されるように、ファイバーレンズアレイ110は更に、信号用光ファイバー111と調整用光ファイバー111Aから射出される光ビームをそれぞれ集光するためのレンズ113と113Aを有している。レンズ113と113Aは光ファイバー111と111Aに対して1対1で設けられている。

【0031】

図1に示されるように、MEMSミラーアレイ101とファイバーレンズアレイ110は対向して設置されており、チルト可変ミラー102と信号用ファイバー111は互いに1対1で対応しており、また、固定ミラー103と調整用光ファイバー111も1対1で対応している。

【0032】

MEMSミラーアレイ101とファイバーレンズアレイ110は、信号用ファイバー111から射出される信号光ビームがチルト可変ミラー102に照射され、調整用光ファイバー111から射出される調整用光ビームが固定ミラー103に照射されるように、位置決めされている。

## 【0033】

MEMSミラーアレイ101とファイバーレンズアレイ110の距離WD118は、信号光ビーム112と調整光ビーム114Aが、チルト可変ミラー102と固定ミラー103の反射面で集光するように設計されているレンズ113に応じて決まる。

## 【0034】

図1と図2に示されるように、ファイバーレンズアレイ110は更に、調整光を発する光源115と、調整光を検出するための受光素子117とを備えている。受光素子117は例えば光量を計測可能なパワーメーターで構成される。光源115とパワーメーター117は共に方向性結合器116を介して調整用光ファイバー111Aと光学的に接続されている。

## 【0035】

光源115で発せられた調整光は調整用光ファイバー111Aから調整光ビームとしてMEMSミラーアレイ101の固定ミラー103に向けて射出される。固定ミラー103で反射された調整光ビームは調整用光ファイバー111Aに入射する。方向性結合器116は、固定ミラー103から戻って来る調整光を、光源115から固定ミラー103に向かう調整光から選択的に分離してパワーメーター117に導く。その結果、パワーメーター117は、固定ミラー103で反射され調整用光ファイバー111Aに入射した調整光の光量を計測する。

## 【0036】

以下、本実施形態の作用について説明する。

## 【0037】

MEMSミラーアレイ101に設けられた固定ミラー103には、チルト可変ミラー102に見られるような、チルト可変ミラー102やスプリング105の加工応力による傾きは発生しない。また、固定ミラー103は、ミラー基板10

6そのものでありチルト可変ミラー102と比較して剛性が高いため、チルト可変ミラー102に見られるような、反射コート面104の応力による歪が発生しない。さらに、微細なスプリング105により保持されているチルト可変ミラー102と比較して、固定ミラー103は安定な状態で保持されている。従って、固定ミラー103は、チルト可変ミラー102に代わり、MEMSミラーアレイ101の設置における傾きの調整・確認の基準面になり得る。

## 【0038】

光源115で発生される調整光114Aは、方向性結合器116により、ファイバー111Aをレンズ113A側に向かって進み、ファイバー111Aの先端から射出される。ファイバー111Aから射出された調整光ビーム114Aは、レンズ113Aにより収束されて、固定ミラー103に照射される。調整光ビーム114Aは固定ミラー103で反射され、MEMSミラーアレイ101に対向して配置されたファイバーレンズアレイ110に照射される。

## 【0039】

この際、調整光ビーム114Aに対して固定ミラー103が垂直に配置されている場合には、固定ミラー103で反射される調整光ビーム114Bは、レンズ113Aに照射されてファイバー111A内に入射する。しかし、固定ミラー103が傾いて配置されている場合には、調整光ビーム114Bはその傾きに応じてずれた位置に照射される。

## 【0040】

このずれを目視確認しながら、調整光ビーム114Bがレンズ113Aに照射されるように、MEMSミラーアレイ101の傾き $\theta_x$ と $\theta_y$ を、 $\theta_x$ チルト機構120と $\theta_y$ チルト機構121を用いて調整する。調整光ビーム114が可視光であれば、そのまま目視確認できるが、不可視光である場合には、発光性ターゲットや可視化ゴーグルやCCDカメラや撮像管等を利用して可視化すればよく、可視光と同様に $\theta_x$ と $\theta_y$ の調整を行なえる。

## 【0041】

上述した目視調整の結果、固定ミラー103で反射される調整光ビーム114Bは、レンズ113Aにより集光され、再び調整用光ファイバー111Aに戻っ

てくる。この調整光ビーム114Bは、方向性結合器116により、パワーメータ117に導かれる。ここで、パワーメータ117が示す調整光ビーム114Bの光量が最大になるように、MEMSミラーアレイ101の傾き $\theta_x$ と $\theta_y$ を、 $\theta_x$ チルト機構120と $\theta_y$ チルト機構121を用いて調整する。この調整により、調整光ビーム114に対して、固定ミラー103は垂直に配置されるため、固定ミラー103に付随するMEMSミラーアレイ101も、調整光ビーム114に対して垂直に、すなわち傾き無く配置される。

## 【0042】

本実施形態により、チルト可変ミラー102のストローク不足が発生すること無く、確実に信号光を切り換え可能な光スイッチを実現することが可能になる。

## 【0043】

本実施形態の各構成は様々な変更や修正が施されてもよい。例えば、光源115と方向性結合器116とパワーメータ117は、市販の減衰量測定器119(図2参照)に置き換えられてもよい。

## 【0044】

また、 $\theta_x$ チルト機構120と $\theta_y$ チルト機構121は、MEMSミラーアレイ101の側にではなく、ファイバーレンズアレイ110の $\theta_x$ と $\theta_y$ を調整可能なように、ファイバーレンズアレイ110の側に設けられてもよく、MEMSミラーアレイ101を基準にしてファイバーレンズアレイ110の向きを調整することにより、調整光ビーム114に対してMEMSミラーアレイ101を垂直に、すなわち傾き無く配置してもよい。

## 【0045】

本実施形態のアレイユニット100は、最初に述べたように、これを二つ組み合わせることで光スイッチを構成し得る。しかし、本実施形態に従う光スイッチは、必ずしも二つのアレイユニット100を備えている必要はなく、一つのアレイユニット100を備えているだけであってもよい。本実施形態のアレイユニット100は特に入力側のアレイユニットとして好適であり、従って、本実施形態に従う好適な光スイッチは、入力側にアレイユニットがアレイユニット100で構成されていればよく、出力側のアレイユニットは他の構成であってもよい。

## 【0046】

つまり、本実施形態に従う光スイッチは、出力側のアレイユニットに本実施形態のアレイユニット100を有していてもよいが、必ずしもその必要はなく、例えば、アレイユニット100から固定ミラー103と調整用光ファイバー111Aと光源115と方向性結合器116とパワーメーター117とが省かれた構成であってもよい。さらには、MEMSミラーアレイ101が固定ミラーに変更された構成であってもよい。

## 【0047】

## 第二実施形態

本実施形態は、第一実施形態と同様に、光スイッチの一部を構成するアレイユニットに向けられている。本実施形態のアレイユニットについて、図6～図8を参照しながら説明する。これらの図において、第一実施形態の部材と同一の参照符号で示された部材は同等の部材を示しており、それらの詳しい説明は省略する。以下、第一実施形態との相違箇所に重点をおいて述べる。

## 【0048】

図6に示されるように、本実施形態のアレイユニット200は、複数の光ファイバー111と少なくとも一つの調整用光ファイバー234とを有するファイバーレンズアレイ233と、複数のチルト可変ミラー102と少なくとも一つの固定ミラー231とを有するミラーアレイ230と、ファイバーレンズアレイ233に対する相対的なミラーアレイ230の向きを調整するための向き調整機構とを備えている。

## 【0049】

向き調整機構は、第一実施形態と同様に、 $\theta_x$ チルト機構120と $\theta_y$ チルト機構121とで構成されている。

## 【0050】

MEMSミラーアレイ230は、図6と図7に示されるように、9個のチルト可変ミラー102と、1個の固定ミラー231とを有している。チルト可変ミラー102は3行×3列の配列で整列されている。固定ミラー231は、適当なチルト可変ミラー102の外周部に、言い換えれば、適当な二つのチルト可変ミラ



ー102の間に位置している。つまり、固定ミラー103は3行×3列の配列上から外れて位置している。

#### 【0051】

MEMSミラーアレイ230のチルト可変ミラー102の個数は例示的なものであり、9個に限定されるものではなく、他の個数であってもよい。また、固定ミラー103の個数も1個に限定されるものではなく、少なくとも1個を有していればよい。さらに、チルト可変ミラー102の配列も3行×3列に限定されるものではなく、 $n$ 行× $m$ 列（ $n$ と $m$ は共に自然数）の任意の配列であってもよい。

#### 【0052】

チルト可変ミラー102と固定ミラー231は、図8に示されるように、同一のミラー基板232から形成されるものであり、従って、チルト可変ミラー102の反射コート面104と固定ミラー231の反射コート面104は、同一の面107となる。

#### 【0053】

ファイバーレンズアレイ233は、図6に示されるように、9本の信号用光ファイバー111と1本の調整用光ファイバー234とを有している。9本の信号用光ファイバー111は、チルト可変ミラー102と同様に、3行×3列の配列で整列されている。ファイバーレンズアレイ233の光ファイバー111の配列ピッチは、MEMSミラーアレイ230のチルト可変ミラー102の配列ピッチと同一である。

#### 【0054】

一方、調整用光ファイバー234は、適当な信号用光ファイバー111の外周部に、言い換えれば、適当な二つの信号用光ファイバー111の間に位置している。つまり、調整用光ファイバー234は3行×3列の配列上から外れて位置している。

#### 【0055】

チルト可変ミラー102は、光ファイバー111や234に比較して大型の構造体であるため、チルト可変ミラー102や光ファイバー111の配列ピッチは

チルト可変ミラー 1 0 2 の寸法で決まる。従って、比較的小さな構造体である 2 本の信号用光ファイバー 1 1 1 の間に調整用光ファイバー 2 3 4 を配置することは十分に可能である。

## 【 0 0 5 6 】

図 6 では、調整用光ファイバー 2 3 4 は、2 本の信号用光ファイバー 1 1 1 の間に配置されているが、より狭いピッチでの配列のために、4 本の信号用光ファイバー 1 1 1 の間、つまりそれらの中間位置に配置されてもよい。

## 【 0 0 5 7 】

ファイバーレンズアレイ 2 3 3 の信号用光ファイバー 1 1 1 の本数は例示的なものであり、9 本に限定されるものではなく、他の本数であってもよい。また、調整用光ファイバー 2 3 4 の本数も 1 本に限定されるものではなく、少なくとも 1 本を有していればよい。さらに、信号用光ファイバー 1 1 1 の配列も 3 行 × 3 列に限定されるものではなく、 $n$  行 ×  $m$  列 ( $n$  と  $m$  は共に自然数) の任意の配列であってもよい。

## 【 0 0 5 8 】

ファイバーレンズアレイ 2 3 3 は更に、信号用光ファイバー 1 1 1 の前方に位置するレンズ 1 1 3 と、調整用光ファイバー 2 3 4 の前方に位置するレンズ 2 3 5 とを有している。レンズ 1 1 3 と信号用光ファイバー 1 1 1 は 1 対 1 で対応し、レンズ 2 3 5 と調整用光ファイバー 2 3 4 は 1 対 1 で対応している。

## 【 0 0 5 9 】

ファイバーレンズアレイ 2 3 3 は更に、第一実施形態と同様に、調整用ファイバー 2 3 4 に光学的に接続された光源 1 1 5 と方向性結合器 1 1 6 とパワーメータ 1 1 7 とを有している。

## 【 0 0 6 0 】

MEMS ミラーアレイ 2 3 0 とファイバーレンズアレイ 2 3 3 は対向して設置されており、チルト可変ミラー 1 0 2 と信号用ファイバー 1 1 1 は互いに 1 対 1 で対応しており、また、固定ミラー 2 3 1 と調整用光ファイバー 2 3 4 も 1 対 1 で対応している。

## 【 0 0 6 1 】

以下、本実施形態の作用について説明する。

【0062】

光源115で発生される調整光114Aは、方向性結合器116により、調整用光ファイバー234をレンズ235側に向かって進み、調整用光ファイバー234の先端から射出される。調整用光ファイバー234から射出された調整光ビーム114Aは、レンズ235により収束されて、固定ミラー231に照射される。調整光ビーム114Aは固定ミラー231で反射され、MEMSミラーアレイ230に対向して配置されたファイバーレンズアレイ233に照射される。

【0063】

この際、調整光ビーム114Aに対して固定ミラー231が垂直に配置されている場合には、固定ミラー231で反射される調整光ビーム114Bは、レンズ235に照射されてファイバー234内に入射する。しかし、固定ミラー231が傾いて配置されている場合には、調整光ビーム114Bはその傾きに応じてずれた位置に照射される。

【0064】

このずれを目視確認しながら、調整光ビーム114Bがレンズ235に照射されるように、MEMSミラーアレイ230の傾き $\theta_x$ と $\theta_y$ を、 $\theta_x$ チルト機構120と $\theta_y$ チルト機構121を用いて調整する。

【0065】

上述した目視調整の結果、固定ミラー231で反射される調整光ビーム114Bは、レンズ235により集光され、再び調整用光ファイバー234に戻ってくる。この調整光ビーム114Bは、方向性結合器116により、パワーメーター117に導かれる。ここで、パワーメーター117が示す調整光ビーム114Bの光量が最大になるように、MEMSミラーアレイ230の傾き $\theta_x$ と $\theta_y$ を、 $\theta_x$ チルト機構120と $\theta_y$ チルト機構121を用いて調整する。この調整により、調整光ビーム114に対して、固定ミラー231は垂直に配置されるため、固定ミラー231に付随するMEMSミラーアレイ230も、調整光ビーム114に対して垂直に、すなわち傾き無く配置される。

【0066】

これにより、本実施形態は、第一実施形態と同様、チルト可変ミラー102のストローク不足が発生すること無く、確実に信号光を切り換え可能な光スイッチを実現することが可能である。さらに、本実施形態は、第一実施形態と比較して、切り換えに使用できるチャンネル数を1個多く取ることができるため、より集積度の高い光スイッチを提供することが可能である。

#### 【0067】

##### 第三実施形態

本実施形態は、第一実施形態と同様に、光スイッチの一部を構成するアレイユニットに向けられている。本実施形態のアレイユニットについて、図9～図11を参照しながら説明する。これらの図において、第一実施形態の部材や第二実施形態の部材と同一の参照符号で示された部材は同等の部材を示しており、それらの詳しい説明は省略する。以下、第一実施形態や第二実施形態との相違箇所に重点をおいて述べる。

#### 【0068】

図9～図11に示されるように、本実施形態のアレイユニット300は、複数の光ファイバー111と少なくとも一つの調整用光ファイバー111Aとを有するファイバーレンズアレイ110と、複数のチルト可変ミラー102と少なくとも一つの固定ミラー231とを有するミラーアレイ230と、ファイバーレンズアレイ110に対する相対的なミラーアレイ230の向きを調整するための向き調整機構と、ファイバーレンズアレイ110の光軸を横切る方向に関するファイバーレンズアレイ110とミラーアレイ230の相対的な位置を調整するための位置調整機構とを備えている。

#### 【0069】

本実施形態のファイバーレンズアレイは第一実施形態のファイバーレンズアレイ110と同等物であり、本実施形態のミラーアレイは第二実施形態のミラーアレイ230と同等物である。

#### 【0070】

向き調整機構は、第一実施形態と同様に、 $\theta x$ チルト機構120と $\theta y$ チルト機構121とで構成されている。また、位置調整機構は、例えば、 $x$ シフト機構3

42とyシフト機構343とで構成され、MEMSミラーアレイ230をX方向とY方向に（X軸とY軸に沿って）移動可能に支持している。

【0071】

ファイバーレンズアレイ110は更に、信号用光ファイバー111の前方に位置するレンズ113と、調整用光ファイバー111Aの前方に位置するレンズ113Aとを有している。レンズ113と信号用光ファイバー111は1対1で対応し、レンズ113Aと調整用光ファイバー111Aは1対1で対応している。

【0072】

さらにファイバーレンズアレイ110は光源115とパワーメーター117とを有しており、光源115とパワーメーター117は共に方向性結合器316Aと分岐ファイバー341と方向性結合器316Bとを介して調整用光ファイバー111Aと光学的に接続されている。

【0073】

つまり、調整用光ファイバー111Aには、方向性結合器316Aが接続されている。この方向性結合器316Aにより分岐される分岐ファイバー341には、さらにもう1個の方向性結合器316Bが接続されており、方向性結合器316Bにより分岐されるファイバーの一端には光源115が、もう一端にはパワーメーター117が接続されている。

【0074】

方向性結合器316Aは、光源115からの調整光を固定ミラー231に方向付け、固定ミラー231から戻って来る調整光を方向性結合器316Bに方向付ける。また、方向性結合器316Bは、固定ミラー231から戻って来る調整光を、光源115から方向性結合器316Aに向かう調整光から選択的に分離してパワーメーター117に導く。

【0075】

以下、本実施形態の作用について説明する。

【0076】

光源115で発生される調整光114Aは、方向性結合器316Aと316Bにより、調整用光ファイバー111Aをレンズ113A側に向かって進み、調整

用光ファイバー111Aの先端から射出される。調整光ビーム114の照射位置は、MEMSミラーアレイ230のXY方向位置が未調整の状態においては不明である。

## 【0077】

本実施形態では、調整用光ファイバー111Aは、単にファイバーレンズアレイ110とMEMSミラーアレイ230の間の相対的な向き調整に利用されるだけでなく、信号光伝達のための1つのチャンネルとしても利用される。

## 【0078】

ファイバーレンズアレイ110とMEMSミラーアレイ230の間の相対的な向き調整の際には、図10に示されるように、調整光ビーム114AがMEMSミラーアレイ230の固定ミラー231に照射されるように、目視確認しながら、xシフト機構342とyシフト機構343を用いてMEMSミラーアレイ230のXYシフト位置を調整する。

## 【0079】

このMEMSミラーアレイ230のXYシフト位置調整は、目視確認に限らず、MEMSミラーアレイ230を規定値分、手動や自動で移動させることにより行なわれてもよい。

## 【0080】

MEMSミラーアレイ230のXYシフト位置調整によって、調整光ビーム114Aが固定ミラー231に照射される状態にした後、第一実施形態や第二実施形態と同様にして、すなわちパワーメーター117が示す調整光ビーム114Bの光量が最大になるように、MEMSミラーアレイ230の向きを、言い換えればX軸とY軸に対する傾き $\theta_x$ と $\theta_y$ を、 $\theta_x$ チルト機構120と $\theta_y$ チルト機構121を用いて調整する。この調整により、調整光ビーム114に対して、固定ミラー231は垂直に配置されるため、固定ミラー231に付随するMEMSミラーアレイ230も、調整光ビーム114に対して垂直に、すなわち傾き無く配置される。

## 【0081】

また、前記調整後、光スイッチとして使用する際には、図11に示されるよう

に、調整光ビーム114Aが、調整用光ファイバー111Aに対応する位置のチルト可変ミラー102に照射されるように、目視確認しながら、xシフト機構342とyシフト機構343を用いてMEMSミラーアレイ230のXYシフト位置を調整する。

#### 【0082】

この調整の結果、ファイバーレンズアレイ110のすべての光ファイバー111と111Aは、MEMSミラーアレイ230のチルト可変ミラー102に対向して配置される。つまり、ファイバーレンズアレイ110のすべての光ファイバー111と111Aがチルト可変ミラー102と1対1に対応する。

#### 【0083】

調整用光ファイバー111Aを通る信号光は、方向性結合器316Aを通過し、その端面から対応するチルト可変ミラー102に向けて信号光ビーム112として射出される。言い換えれば、方向性結合器316Aは、信号光に対しては、そのまま透過するように設計されている。

#### 【0084】

これまでの説明から分かるように、本実施形態は、第一実施形態と同様、チルト可変ミラー102のストローク不足が発生すること無く、確実に信号光を切り換え可能な光スイッチを実現することが可能である。さらに、本実施形態は、第一実施形態と比較して、切り換えに使用できるチャンネル数を1個多く取ることができるため、より集積度の高い光スイッチを提供することが可能でなる。加えて、第二実施形態と比較して、チャンネルとして利用されない光ファイバー234とそれ用のレンズ235を設ける必要がないため、同数のチャンネルを有する光スイッチをより安価に提供することができる。

#### 【0085】

本実施形態では、ファイバーレンズアレイ110の光軸を横切る方向に関するファイバーレンズアレイ110とミラーアレイ230の相対的な位置調整を、MEMSミラーアレイ230を実際に移動させることにより行なっているが、MEMSミラーアレイ230を移動させる代わりに、ファイバーレンズアレイ110を移動させて行なってもよい。

## 【0086】

つまり、MEMSミラーアレイ230の側にxシフト機構342とyシフト機構343を設ける代わりに、ファイバーレンズアレイ110の側にxシフト機構342とyシフト機構343を設けてもよい。もちろん、xシフト機構342とyシフト機構343は、MEMSミラーアレイ230の側とファイバーレンズアレイ110の側とにひとつずつ設けられてもよい。

## 【0087】

また、本実施形態におけるMEMSミラーアレイの設置完了後に、方向性結合器316Aを光ファイバー111Aから切り離し、図示しない光ファイバーコネクタにより光ファイバー111Aを連結すれば、光ファイバー111Aを出力のみならず、入力側の光ファイバーとして使用する事も可能となる。

## 【0088】

これまで、図面を参照しながら本発明の実施の形態を述べたが、本発明は、これらの実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において様々な変形や変更が施されてもよい。

## 【0089】

本発明は、以下の各項に記す光スイッチとその調整方法とを含んでいる。

## 【0090】

1. 複数に配列された光信号反射用のチルト可変ミラーと、当該チルト可変ミラーを形成する基板（ウエハ）に設けられる固定ミラーとを有する半導体マイクロマシニングにより製造される（以下MEMSとする）ミラーアレイを用いる事を特徴とする光スイッチ。

## 【0091】

2. 第1項に記載の光スイッチにおいて、チルト可変ミラーの配列上の少なくとも一箇所に、固定ミラーを有するMEMSミラーアレイと、当該固定ミラーと対向する位置に配列されたファイバーに接続可能な光源および受光素子とを有する事を特徴とする光スイッチ。

## 【0092】

第1項と第2項に従う光スイッチにおいては、まず、調整光ビームがファイバ



ーから射出される。調整光ビームは、MEMSミラーアレイ上に設けられた固定ミラーにより反射され、再びファイバーに入射される。この入射される調整光ビームの戻り光量が最大になる様に、MEMSミラーアレイの傾きを調整すれば、ファイバーの光軸とMEMSミラーアレイを垂直に、すなわち傾き無く設置する事が可能になる。

【 0 0 9 3 】

MEMSミラーアレイを傾き無く設置する事で、チルト可変ミラーのストローク不足が発生する事無く、確実に光信号をスイッチング可能な光スイッチを実現する事が可能になる。

【 0 0 9 4 】

3. 第1項に記載の光スイッチにおいて、少なくとも一個のチルト可変ミラーの外周部に、固定ミラーを有するMEMSミラーアレイと、当該固定ミラーと対向する位置に設置されたファイバーレンズと、当該ファイバーに接続された光源および受光素子とを有する事を特徴とする光スイッチ。

【 0 0 9 5 】

第3項に従う光スイッチにおいては、第1項と第2項に従う光スイッチの作用効果に加えて、スイッチングに使用可能な光信号チャンネルを1つ多く設ける事が可能になり、より集積度の高い光スイッチを提供する事ができる。

【 0 0 9 6 】

4. 第1項に記載の光スイッチにおいて、少なくとも一個のチルト可変ミラーの外周部に、固定ミラーを有するMEMSミラーアレイと、配列されたファイバーレンズアレイの内少なくとも1本のファイバーに接続可能な光源および受光素子と、MEMSミラーアレイのXYシフト移動機構もしくはファイバーレンズアレイのXYシフト移動機構とを有する事を特徴とする光スイッチ。

【 0 0 9 7 】

第4項に従う光スイッチにおいては、第3項に従う光スイッチにおける作用効果に加えて、調整専用のファイバーレンズを別途設ける事なく、安価に、集積度の高い光スイッチを提供する事が可能となる。

【 0 0 9 8 】

5. 第1～4項のいずれかひとつに記載の光スイッチの調整方法であって、固定ミラーにファイバーから光ビームを射出する工程と、固定ミラーによって反射され、当該ファイバーに入射される戻り光ビームの光量を検知する工程と、戻り光ビームの光量が最大になる様にミラーアレイのチルト調整を実施する工程とを有している光スイッチの調整方法。

【0099】

【発明の効果】

本発明によれば、チルト可変ミラーのストローク不足が発生すること無く、従って確実に信号光を切り換え可能な光スイッチが提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明による光スイッチの一部を構成する第一実施形態のアレイユニットの斜視図である。

【図2】

図1に示されたアレイユニットの側面図である。

【図3】

図1に示されたMEMSミラーアレイの平面図である。

【図4】

図3に示されたMEMSミラーアレイのI V-I V線に沿った側断面図である。

【図5】

図3に示されたMEMSミラーアレイのチルト可変ミラーに代えて適用可能な別のチルト可変ミラーの平面図である。

【図6】

本発明による光スイッチの一部を構成する第二実施形態のアレイユニットの斜視図である。

【図7】

図6に示されたMEMSミラーアレイの平面図である。

【図8】

図7に示されたMEMSミラーアレイのV I I I - V I I I 線に沿った側断面図である。

【図9】

本発明による光スイッチの一部を構成する第三実施形態のアレイユニットの側面図である。

【図10】

図9に示されたアレイユニットの斜視図であり、MEMSミラーアレイの向き調整時の状態が描かれている。

【図11】

図9に示されたアレイユニットの斜視図であり、信号光伝達時の状態が描かれている。

【図12】

特開2001-174724号公報に開示されている光スイッチを示している。

【図13】

図12の示された光スイッチの問題点を示すための図である。

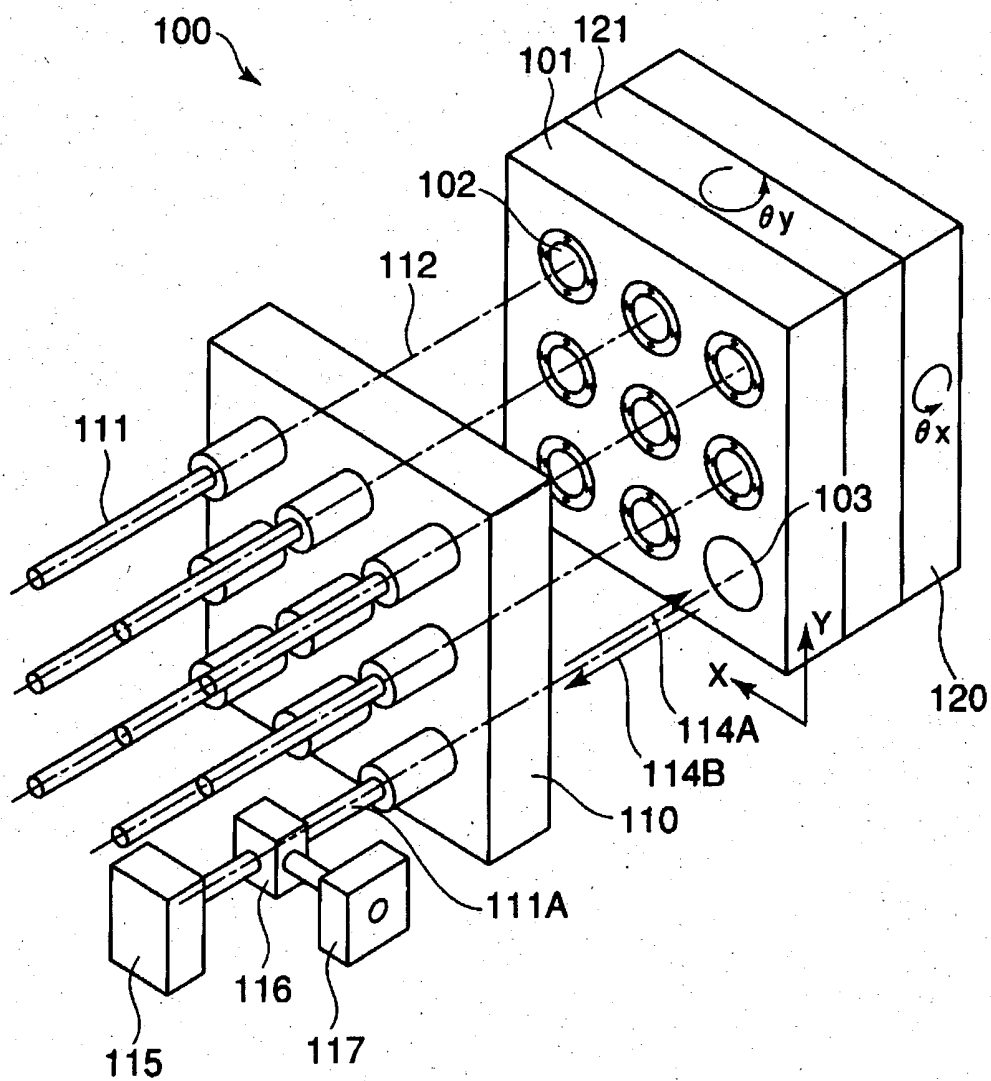
【符号の説明】

- 100 アレイユニット
- 101 MEMSミラーアレイ
- 102 チルト可変ミラー
- 103 固定ミラー
- 110 ファイバーレンズアレイ
- 111 信号用光ファイバー
- 111A 調整用光ファイバー
- 115 光源
- 116 方向性結合器
- 117 パワーメーター

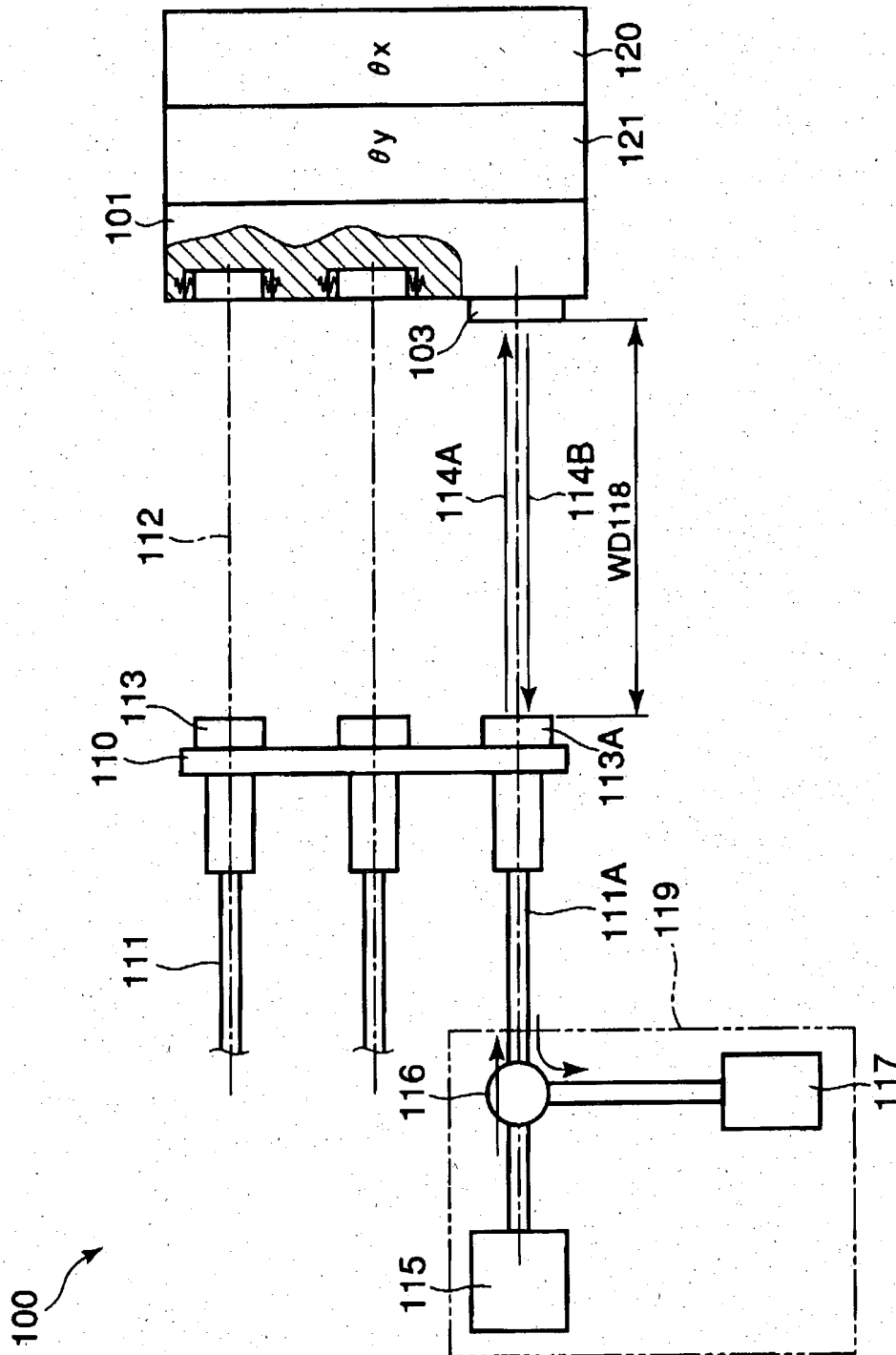
【書類名】

図面

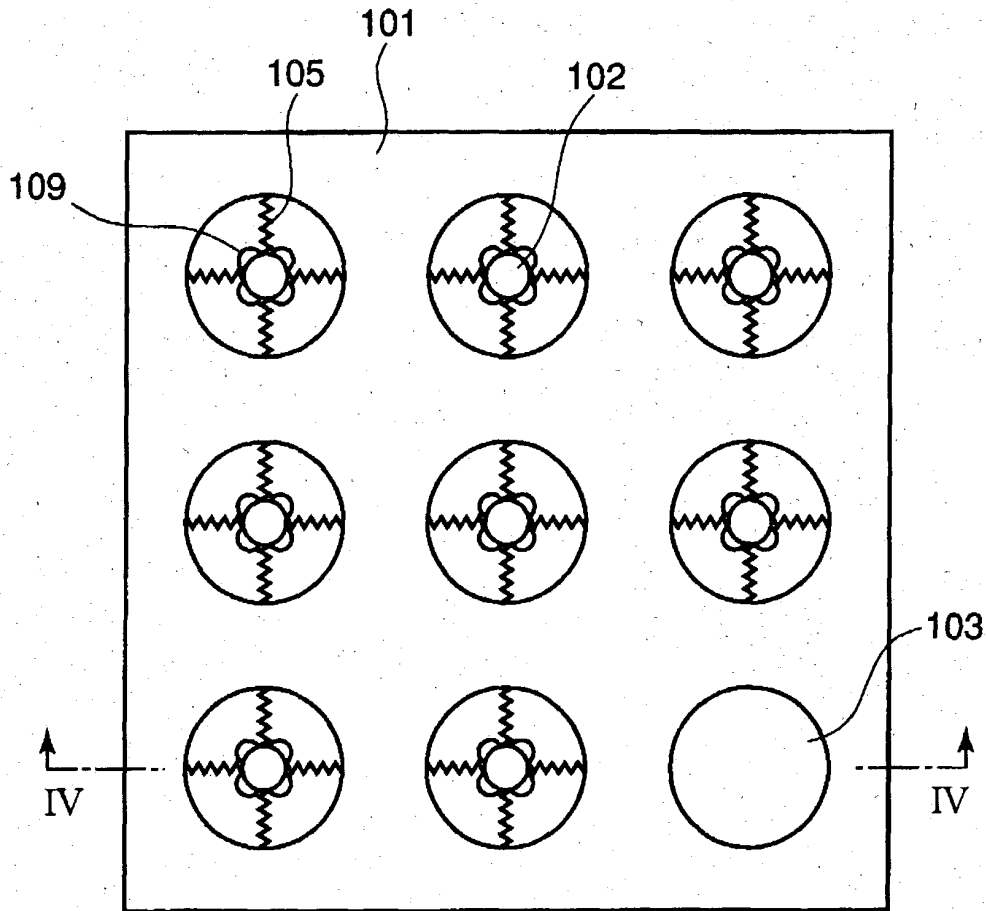
【図1】



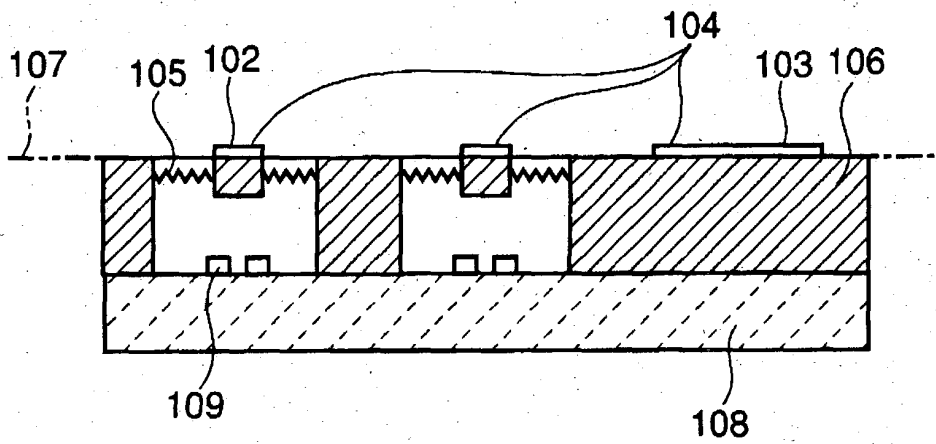
【図2】



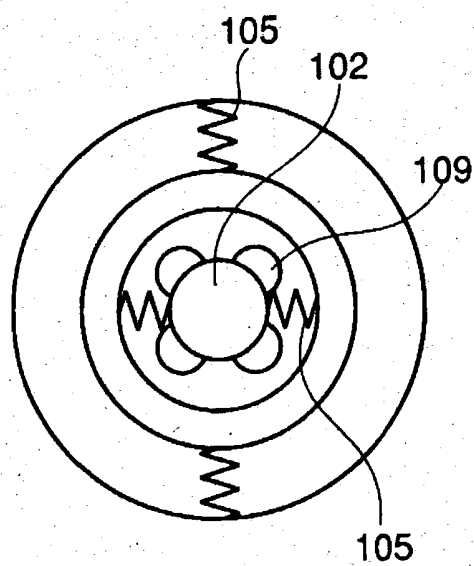
【図 3】



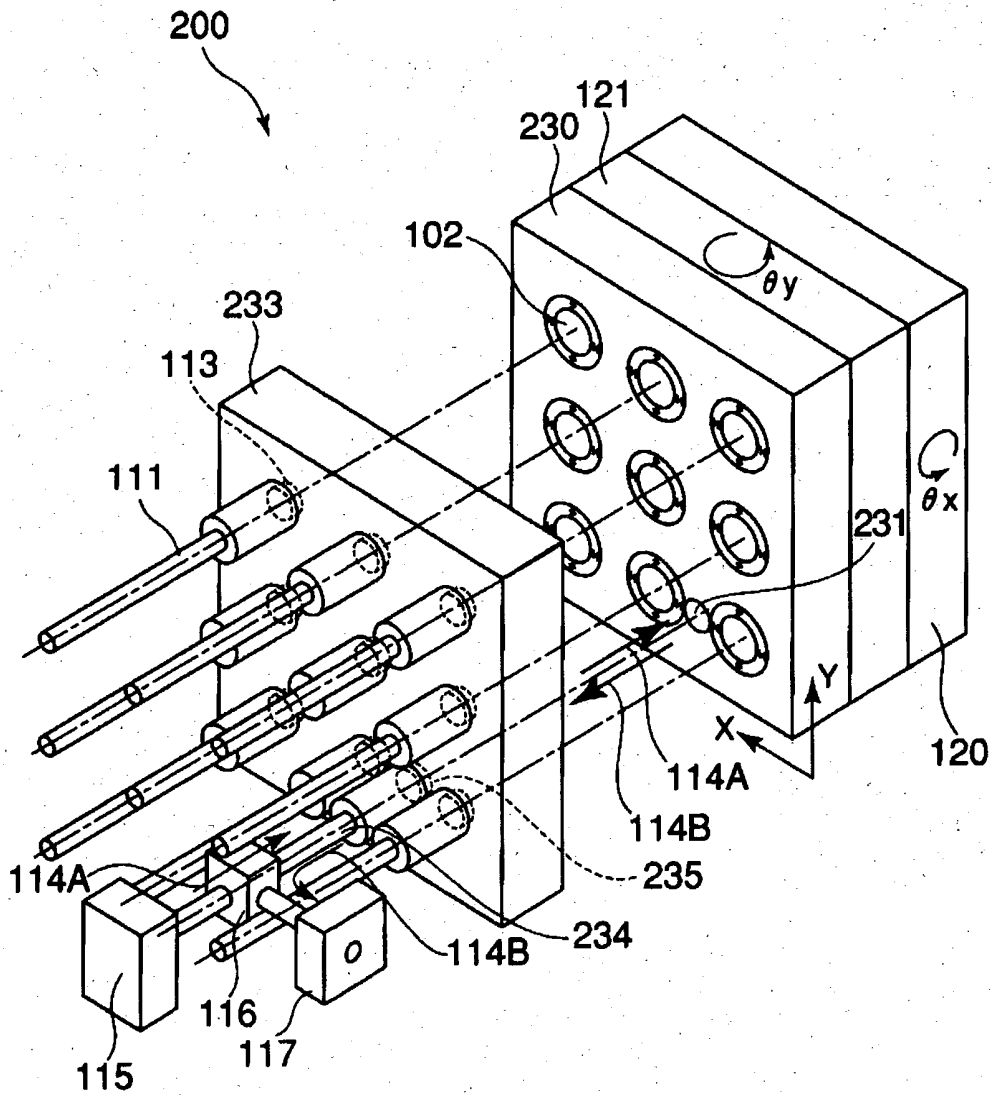
【図 4】



【図5】

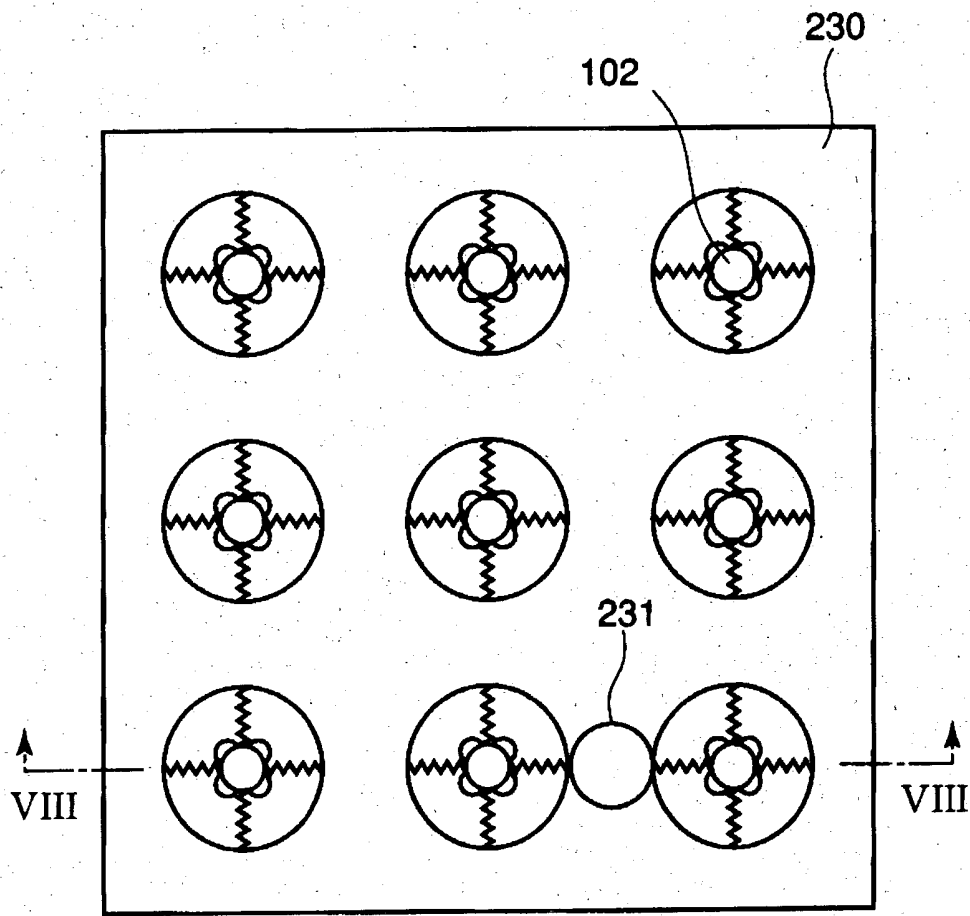


【図6】

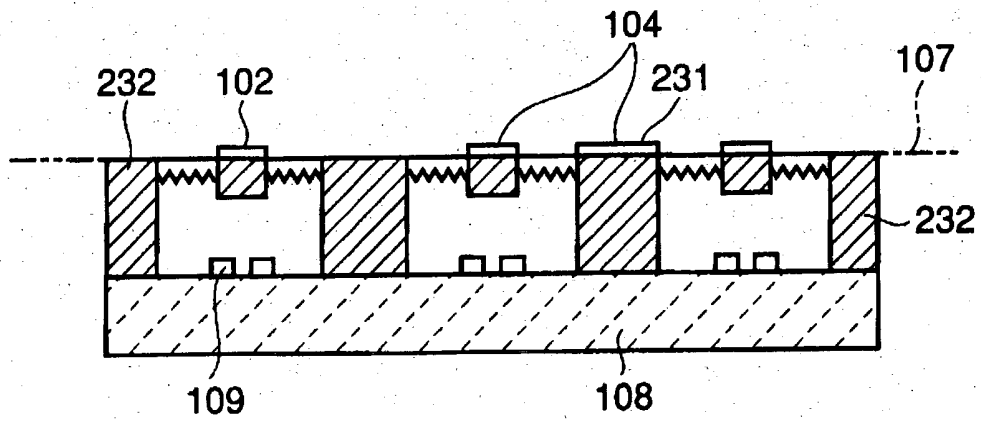




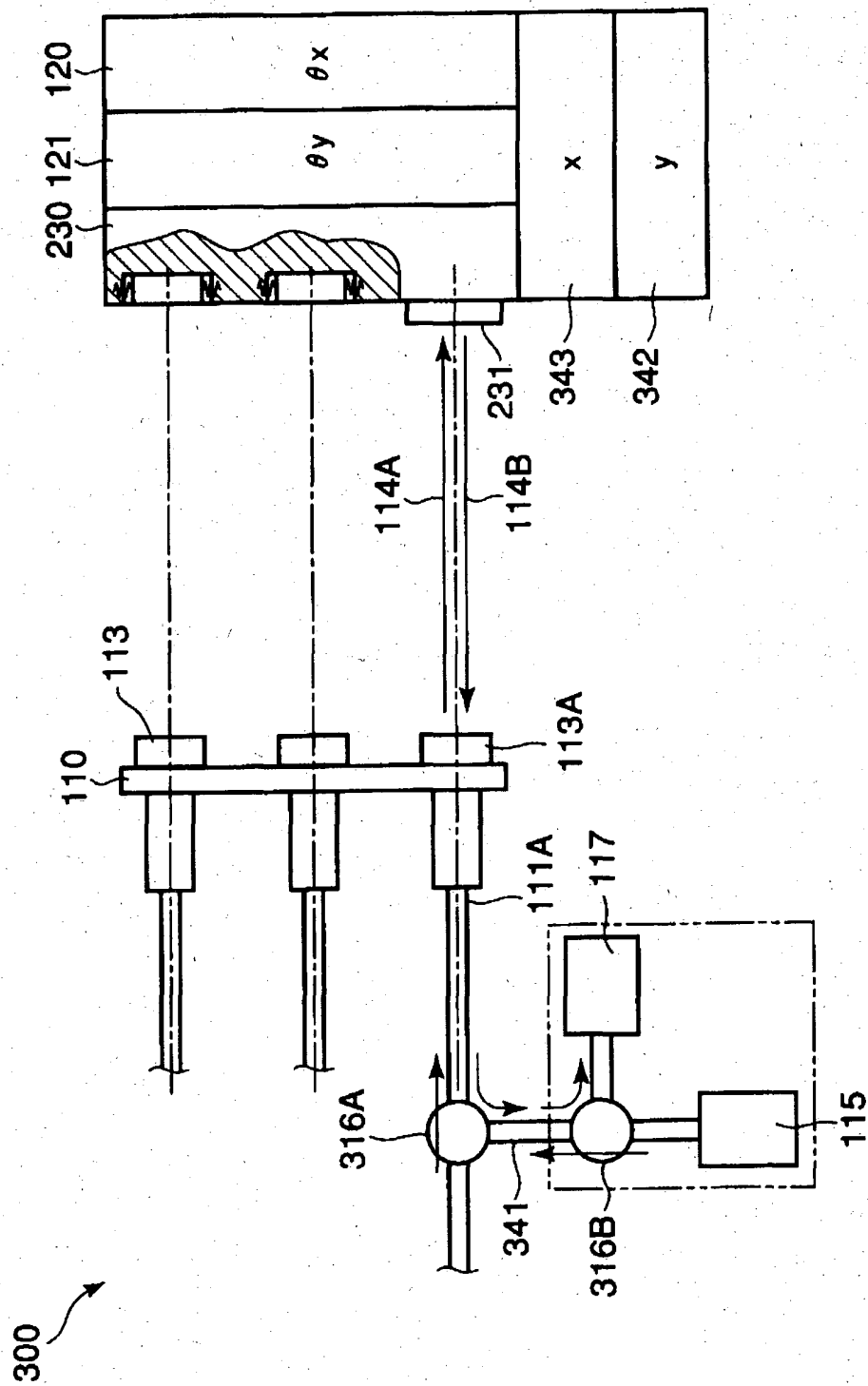
【図7】



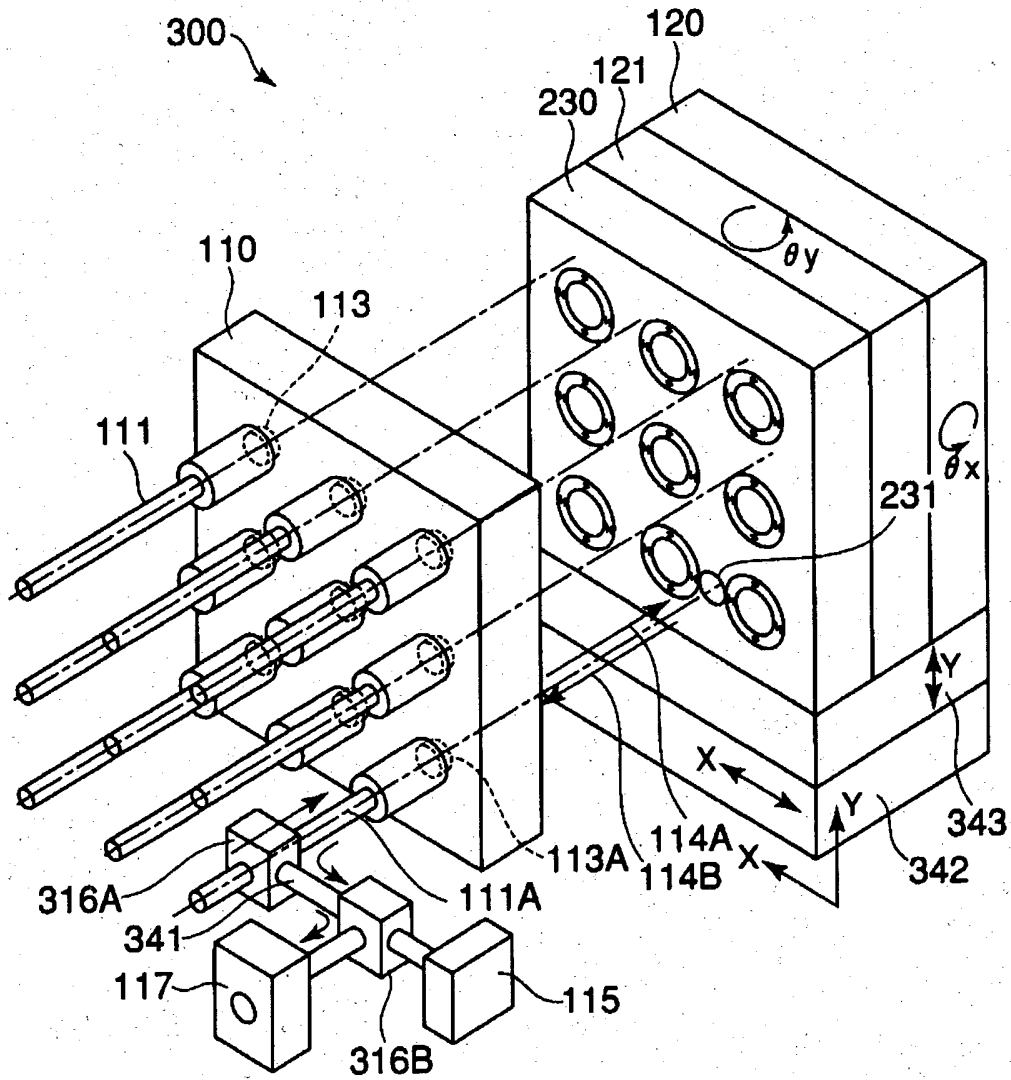
【図8】



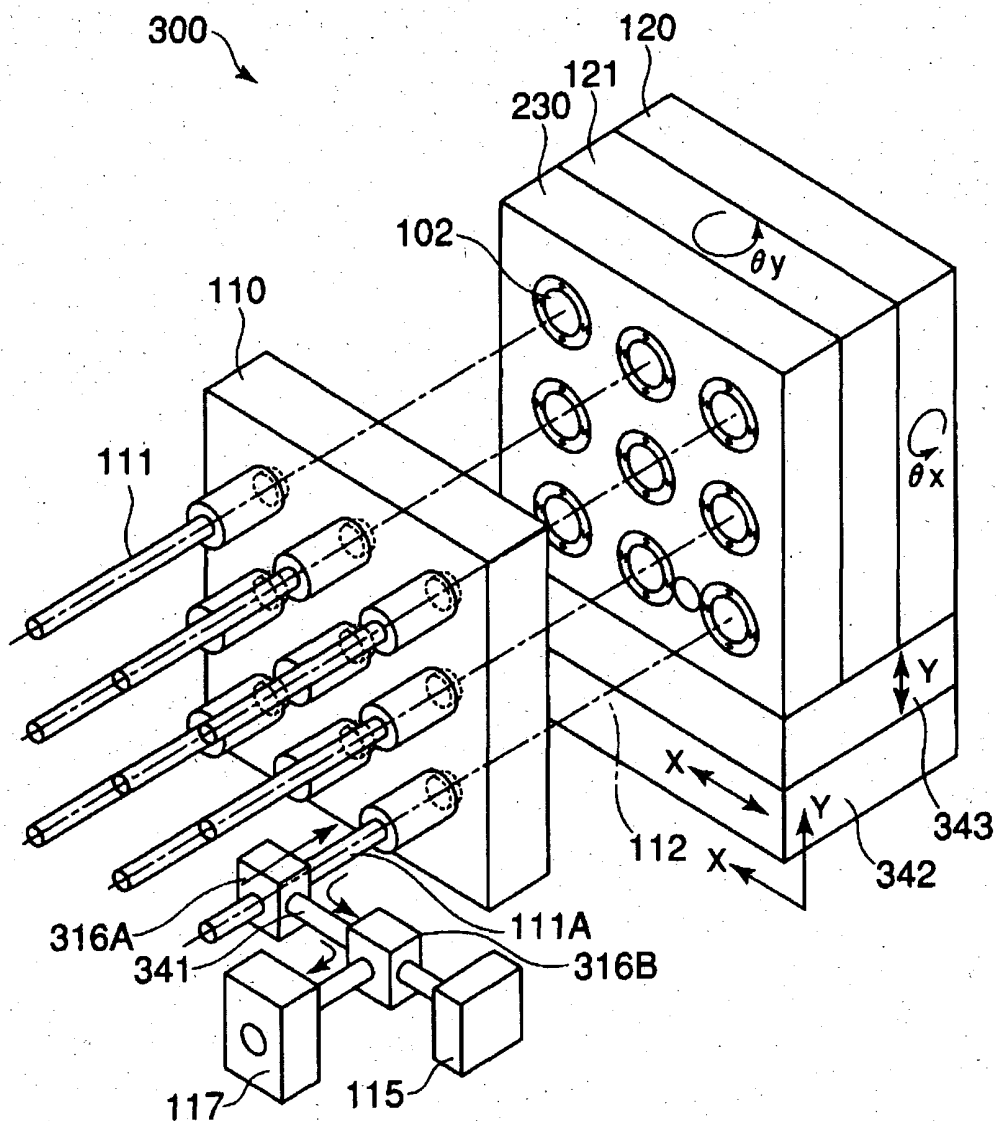
【図 9】



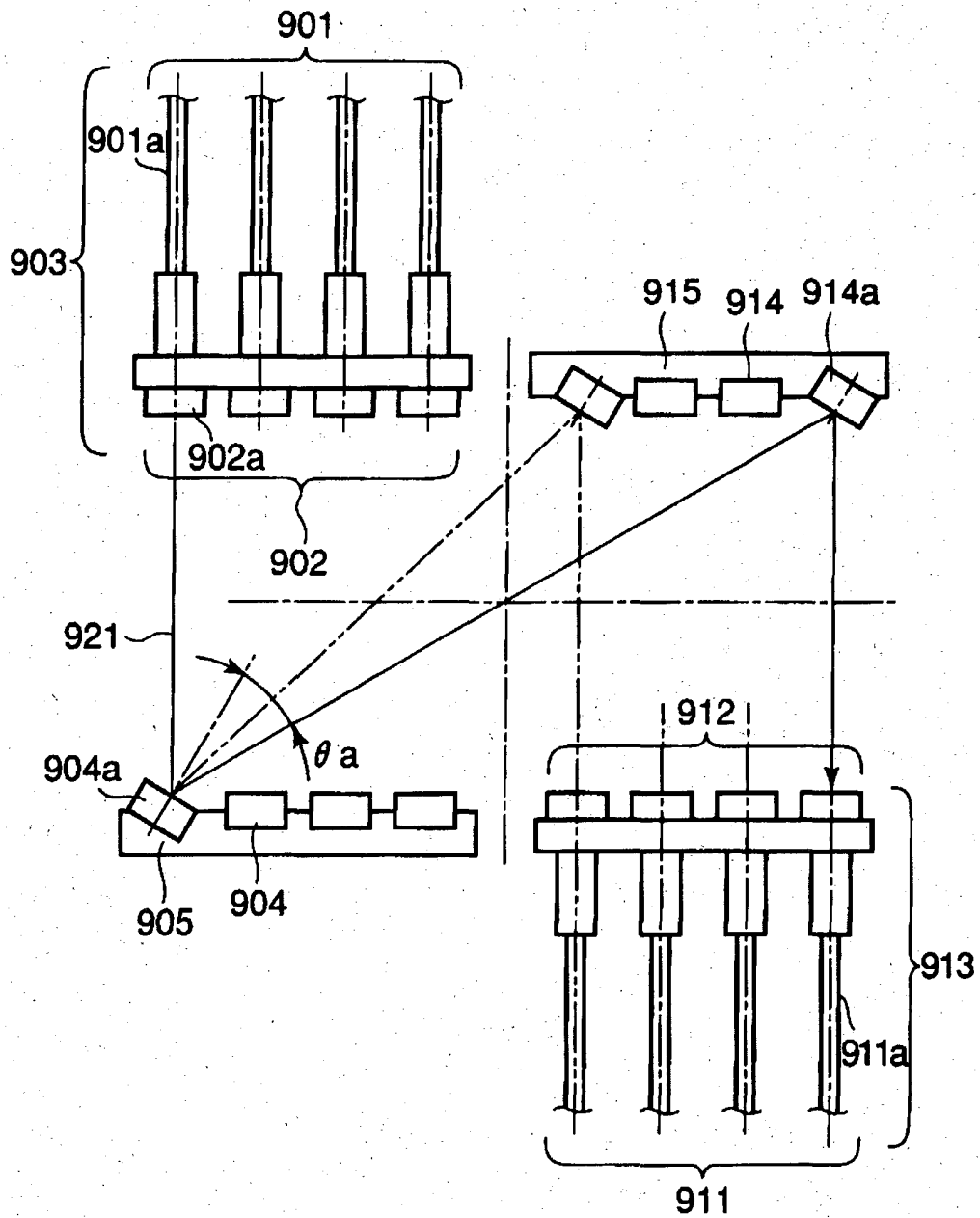
【図10】



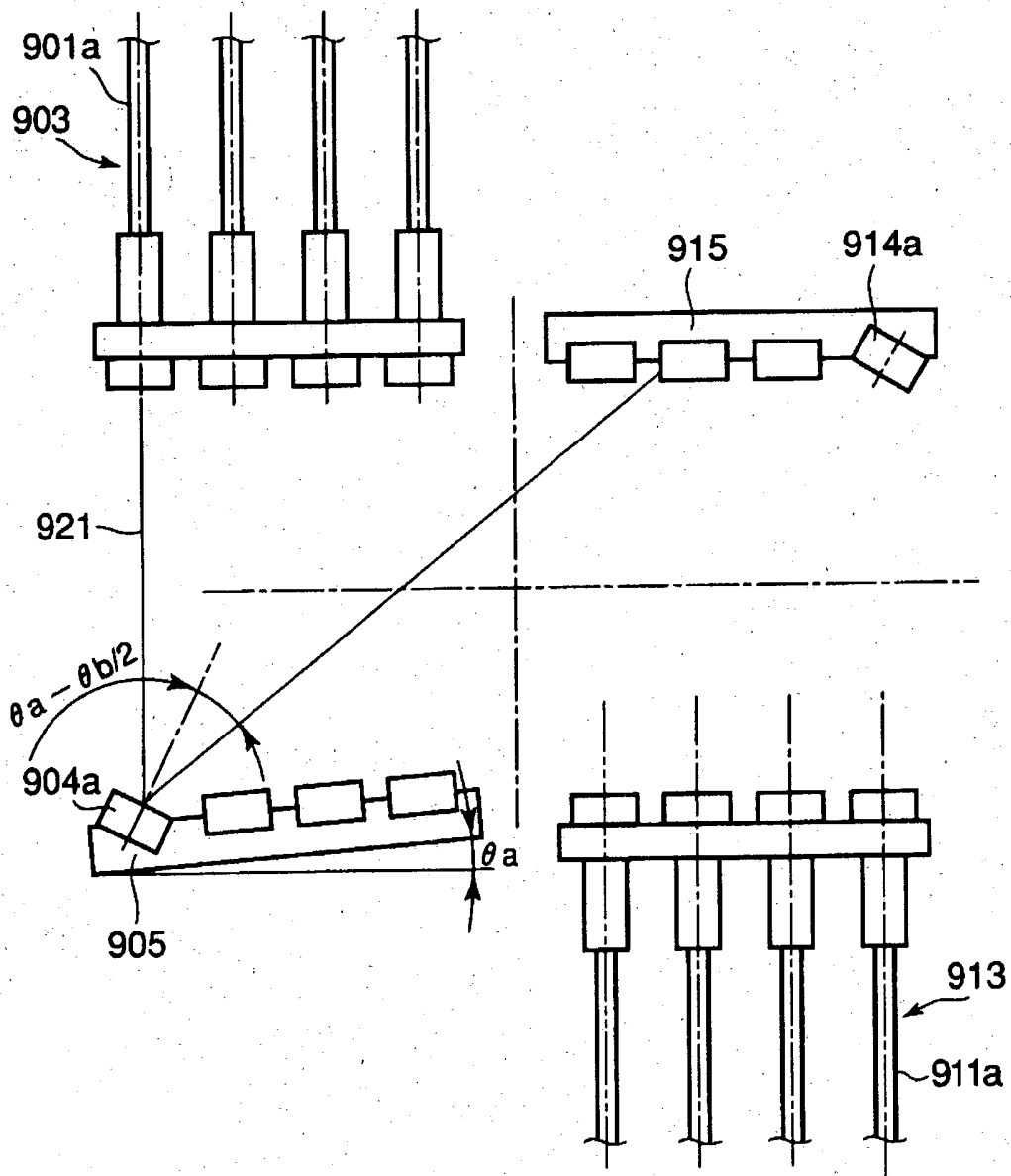
【図11】



【図12】



【図13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】チルト可変ミラーのストローク不足が発生すること無く、確実に信号光を切り換え可能な光スイッチを提供する。

【解決手段】アレイユニット100は、例えばこれを二つ組み合わせることで光スイッチを構成し得るもので、ファイバーレンズアレイ110と、MEMSミラーアレイ101と、MEMSミラーアレイ101の向きを調整するための機構とを備えている。ファイバーレンズアレイ110は8本の信号用光ファイバー111と1本の調整用光ファイバー111Aとを有し、これらは3行×3列の配列で整列されている。MEMSミラーアレイ101は8個のチルト可変ミラー102と1個の固定ミラー103とを有し、これらは3行×3列の配列で整列されている。ミラーアレイとファイバーレンズアレイは、調整用光ファイバー111からの光ビームが固定ミラー103に照射されるように位置決めされている。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000376]

1. 変更年月日 1990年 8月20日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

氏 名 オリンパス光学工業株式会社